

\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to semiconductor fabrication machines and equipment, and relates to the semiconductor fabrication machines and equipment which introduce process gas in vacuum tubs, such as an etching system and thin film deposition equipment, and process a substrate especially.

[0002]

[Description of the Prior Art] With an etching system or thin film deposition equipment, process gas is introduced in a vacuum tub, the plasma etc. decomposes, and the substrate is processed using the active species generated by that cause. Since this vacuum tub was evacuated using the exhauster so that the interior might be maintained by the fixed degree of vacuum, the rate of the gas which serves as active species actually among the process gas introduced in the vacuum tub, and is used for a reaction with a substrate was not filled to 1%, either, but most was discharged by the exhauster outside, without being used for a reaction. For this reason, the utilization effectiveness of process gas was remarkably bad, and had become the cause to which a production cost is made to increase.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] It aims at this invention having been made in consideration of the above-mentioned actual condition, raising the utilization effectiveness of process gas in the semiconductor fabrication machines and equipment which process a substrate under reduced pressure ambient atmospheres, such as an etching system and thin film deposition equipment, and aiming at reduction for a production cost.

[0004]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned object, the semiconductor fabrication machines and equipment of this invention are equipped with a vacuum tub, an exhaust air means to exhaust and decompress the interior of a vacuum tub, a process gas supply means supply process gas to the interior of a vacuum tub, and an intermediate bulb, and are equipped with the recirculation line which carries out the recirculation of a part of gas exhausted by said exhaust air means inside said vacuum tub from the exhaust side of said exhaust air means.

[0005] Moreover, although two or more exhaust air means are arranged, these are connected to a serial in the semiconductor fabrication machines and equipment with which whenever [ high vacuum ] is demanded and the inside of a vacuum tub is evacuated In such a case, a recirculation line is established in the interior of said vacuum tub at the appearance which carries out the recirculation from the near side of the second exhauster by which a part of gas exhausted by the first exhaust air means directly connected to the vacuum tub was connected to the latter part.

[0006] Moreover, when the resultant resulting from the reaction of said active species and processed substrate is included in the exhausted gas like a plasma etching system, a filter is arranged in the middle of said recirculation line, and those resultants etc. are removed from the gas by which the recirculation is carried out.

BEST AVAILABLE COPY

[0007] In this invention, by preparing a recirculation line between a vacuum tub (or processing room) and the exhaust side of an exhauster, and once carrying out the recirculation of the process gas exhausted from the vacuum tub to a vacuum tub again, it becomes possible to raise the utilization effectiveness of process gas, and it can reduce the activity material units of process gas. Especially this invention is effective in reducing a production cost in the etching system which used the plasma, or thin film deposition equipment.

[0008] Moreover, the configuration of the part which processes the exhaust gas of the semiconductor fabrication machines and equipment in that case of the ability to apply the configuration of this invention also when processing exhaust gas using the plasma. The processing room equipped with the generating means of the plasma, and the exhaust air means for [ which exhausted the processing interior of a room ] decompressing, It has a bulb in the middle of a processed gas supply means to introduce processed gas into the processing interior of a room, and has the recirculation line which carries out the recirculation of a part of gas exhausted from the interior of said processing room by said exhaust air means inside said processing room from the exhaust side of said exhaust air means.

[0009]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of semiconductor fabrication machines and equipment based on this invention is explained using a drawing.

(Example 1) Drawing 1 is the outline block diagram of the plasma etching system in which an example of semiconductor fabrication machines and equipment based on this invention is shown.

[0010] This plasma etching system is equipped with the plasma generator of the parallel plate mold which consists of the cathode electrodes 102 and the anode electrodes 103 which counter mutually in the vacuum tub 101, the nozzle which supplies process gas is included in the anode electrode 103, and \*\*\*\*\* 104 is set on the cathode electrode 102. The gas bomb 111 which is the supply source of process gas is connected to the nozzle included in the anode electrode 103 through control-of-flow equipment 112, and RF generator 109 is connected to the cathode electrode through the matching circuit 110.

[0011] A turbo molecular pump 105 is connected to the vacuum tub 101, and the dry pump 106 is connected to exhaust side 105a of a turbo molecular pump. Furthermore, with this equipment, the recirculation line 107 is formed between exhaust side 105a of a turbo molecular pump, and the vacuum tub 101, and the bulb 108 and the filter 113 are arranged while being the recirculation line 107.

[0012] A part of process gas discharged by the turbo molecular pump 105 is returned to the vacuum tub 101 through the recirculation line 107 from the interior of the vacuum tub 101. The rate of this process gas by which the recirculation is carried out is adjusted by the opening of a bulb 108. Therefore, the degree of vacuum in the vacuum tub 101 is adjusted by the supply flow rate of process gas, and the opening of a bulb 108. Moreover, an adsorbent high etching product, dust, etc. generated by the reaction of process gas and the processed substrate 104 inside the vacuum tub 101 are removed by the filter 113 arranged in the middle of a bypass line 107.

(Example 2) Drawing 3 is the outline block diagram of the thin film deposition equipment in which an example of semiconductor fabrication machines and equipment based on this invention is shown.

[0013] This thin film deposition equipment is equipped with the plasma generator of the cathode electrode 102 arranged in the vacuum tub 101, and the inductive-coupling mold which consists of inductive-coupling mold antennas 201 arranged along with the periphery section of the vacuum tub 101, RF generator 109 is connected to the cathode electrode 102 to which a substrate 104 is set through the matching circuit 110, and RF generator 203 is connected to the inductive-coupling mold antenna 201 through the matching circuit 202.

[0014] With this thin film deposition equipment, like the example shown in drawing 1, a turbo molecular pump 105 is connected to the vacuum tub 101, and the dry pump 106 is connected to exhaust side 105a of a turbo molecular pump. Furthermore, with this equipment, the recirculation line 107 is formed between exhaust side 105a of a turbo molecular pump, and the vacuum tub 101, and the bulb 108 is installed while being the recirculation line 107. Moreover, the gas bomb 111 which is the supply source of process gas is connected to the vacuum tub 101 through control-of-flow equipment 112.

[0015] A part of process gas exhausted by the turbo molecular pump 105 being returned to the vacuum

tub 101 through the recirculation line 107 from the interior of the vacuum tub 101 and the degree of vacuum of being adjusted by the amount of supply of process gas and the opening of a bulb 108 in the vacuum tub 101 are the same as that of the example shown in drawing 1.

(Example 3) Drawing 5 is the outline block diagram of the thin film \*\*\*\* equipment in which an example of semiconductor fabrication machines and equipment based on this invention is shown.

[0016] This thin film deposition equipment is equipped with the plasma production equipment of the parallel plate mold which consists of the anode electrodes 301 and the cathode electrodes 302 which counter mutually in the vacuum tub 101, a substrate 104 is set on an anode 301 and RF generator 109 is connected to the cathode electrode 302 through the matching circuit 110. Moreover, the nozzle which supplies process gas is included in the cathode electrode 302. The gas bomb 111 which is the supply source of process gas is connected to these nozzles through control-of-flow equipment 112.

[0017] With this thin film deposition equipment, a booster pump 303 is connected to the vacuum tub 101, and the dry pump 106 is connected to exhaust side 303a of a booster pump 303. Furthermore, the recirculation line 107 is formed between exhaust side 303a of a booster pump, and the vacuum tub 101, and the bulb 108 is installed while being the recirculation line 107.

[0018] A part of process gas exhausted with the booster pump 303 being returned to the vacuum tub 101 through the recirculation line 107 from the interior of the vacuum tub 101 and the degree of vacuum of being adjusted by the supply flow rate of process gas and the opening of a bulb 108 in the vacuum tub 101 are the same as that of the example shown in drawing 1  $R > 1$  or drawing 2.

(Example 4) Drawing 7 is the outline block diagram of the plasma etching system in which an example of semiconductor fabrication machines and equipment based on this invention is shown.

[0019] This plasma etching system is equipped with the plasma generator of the parallel plate mold which consists of the cathode electrodes 102 and the anode electrodes 103 which counter mutually in the vacuum tub 101, a substrate 104 is set to the cathode electrode 102, and the nozzle which supplies process gas is included in the anode electrode 103. A turbo molecular pump 105 is connected to the vacuum tub 101, and exhaust side 105a of a turbo molecular pump is connected to the inlet side of the dry pump 106.

[0020] Furthermore, with this equipment, a bulb 116 is formed between exhaust side 105a of a turbo molecular pump, and the inlet side of the dry pump 106, and the recirculation line 107 is formed between the upstream of this bulb 116, and the vacuum tub 101. Moreover, the bulb 108 and the filter 113 are installed in the middle of the recirculation line 107. In addition, RF generator 109 is connected to the cathode electrode 102 through the matching circuit 110, and the gas bomb 111 which is the supply source of process gas is connected to the nozzle included in the anode electrode 103 through control-of-flow equipment 112.

[0021] Although it is the same as that of each above-mentioned example that a part of process gas exhausted by the turbo molecular pump 105 is returned to the vacuum tub 101 through the recirculation line 107 from the interior of the vacuum tub 101, unlike each above-mentioned example, with this equipment, the degree of vacuum in the vacuum tub 101 is adjusted by the opening of the amount of supply of process gas, a bulb 108, and a bulb 116.

[0022] The process of etching of having used this equipment for below is explained. First, the inside of the vacuum tub 101 is exhausted using a turbo molecular pump 105 and the dry pump 106. Next, process gas is supplied into the vacuum tub 101, and the inside of the vacuum tub 101 is set as a predetermined degree of vacuum. The supply flow rate of process gas is adjusted only to the part equivalent to the amount consumed by the reaction with a substrate, and the bulb 116 of the inlet side of the dry pump 106 is shut at the same time it generates the plasma using the plasma generator of a parallel plate mold. At this time, the process gas discharged by the turbo molecular pump 105 passes along the recirculation line 107, and flows in the vacuum tub 101 again. In addition, an adsorbent high etching product is removed with the filter 116 arranged in the middle of the recirculation line 107, and does not flow in the vacuum tub 101. Therefore, in the process of etching, it becomes unnecessary to operate the dry pump 106, and the consumption of process gas can also be controlled further to the minimum.

[0023] Furthermore, by using the matter which has a catalysis as this filter 116, for example, Pt (platinum), nickel (nickel), Au(gold), etc., an etching product can be re-decomposed and it can change into process gas and a substrate ingredient. Although process gas flows again in a vacuum tub among this, a substrate ingredient is adsorbed by the filter 116 concerned and does not flow in a vacuum tub. Thereby, it becomes possible to decrease the consumption of process gas substantially.

(Example 5) Drawing 8 is the outline block diagram of a downflow etching system showing an example of the semiconductor fabrication machines and equipment of this invention.

[0024] This equipment is equipped with the discharge room 806 and the substrate processing room 808, and both \*\* are connected through the quartz tube 807. The discharge room 806 is held into the cavity 805 which generates microwave, and the microwave power source 804 is connected to the cavity 805. Moreover, the gas bomb 111 which is the supply source of process gas is connected to the discharge room 806 through control-of-flow equipment 112. The shower head 803 which supplies the activated process gas which is sent from the discharge room 806 in the substrate processing room 808 through the sample base 802 where a substrate 104 is set, and a quartz tube 807 to the front face of a substrate 104 is arranged.

[0025] Roots vacuum pump 801 constituted by connecting five sets of the dry pumps 801a-801e to a serial is connected to the substrate processing room 808, and the exhaust side of 3rd Roots-vacuum-pump 801 of these c and close side 806a of the discharge room 806 are connected to it by the recirculation line 107. The bulb 108 and the filter 113 are arranged in the middle of the recirculation line 107.

[0026] The process gas supplied to the discharge room 806 through control-of-flow equipment 112 from the gas bomb 111 is decomposed by the microwave generated in the cavity 805 arranged to the exterior, and active species is generated. Although a charged particle disappears by the collision with quartz tube 807 wall etc. among this active species, neutral particles, such as a radical, pass along a quartz tube 807 and the shower head 803, are introduced into the substrate processing room 808 as they are, react with a substrate 104, and etch a substrate 104. Although the process gas which was not decomposed into active species at the discharge room 806 flows into the substrate processing room 808 as it is and it is exhausted by Roots vacuum pump 801, the part passes along the recirculation line 107, and returns from the middle of Roots vacuum pump 801 to a discharge room again. Consequently, the utilization effectiveness of process gas can be raised and there is effectiveness which reduces a production cost.

(Example 6) Drawing 9 is the outline block diagram showing an example of a gas decomposition processor based on this invention.

[0027] This equipment incorporates the gas decomposition processor using the plasma further in the plasma etching system shown in Example 4 between the bulbs 108 and the dry pumps 106 which have been arranged at the downstream of a turbo molecular pump 105.

[0028] This gas decomposition processor consists of recirculation lines 902 which return a part of discharge room 901, turbo molecular pump 103 which exhausts and decompresses the inside of the discharge room 901, and gas discharged from the discharge room 901 to the upstream of the discharge room 901. The cathode electrode 902 is arranged inside the discharge room 901, and the cathode electrode 902 is connected to RF generator 909 through the matching circuit 910. Furthermore, the gas bomb 911 which supplies gas required in order that exhaust gas may be dissociated and processing may re-compound to comparatively easy exhaust gas to the discharge room 901 is connected through the bulb 912.

[0029] A part of exhaust gas discharged from the discharge room 901 passes along the recirculation line 907 by this discharge room 901, and the rate of the exhaust gas decomposed in the discharge room 901 increases by the recirculation being carried out to the discharge room 901 again at it. In the discharge room 901, it is 1 - 500 mTorr. The plasma is generated in a degree of vacuum. For example, 4 fluoridation \*\*\*\* discharged in case silicon and an oxide film are etched using the process gas of a fluorocarbon system is dissociated at this discharge room, and is changed into fluoric acid by adding a steam or hydrogen to this.

[0030] Although the conversion efficiency to fluoric acid is about 10% when not carrying out the

recirculation of the emission gas, about 90% of conversion efficiency can be acquired by increasing the rate of the recirculation. Thus, after the generated fluoric acid is exhausted from the dry pump 106, it can be processed with simple processors, such as wet damage elimination equipment. Since exhaust gas was processed by conventionally connecting physical-adsorption-type damage elimination equipment with a porosity filter to the exhaust side of dry POIMPU 106, remarkable processing costs had been required.

[0031] It can become possible to carry out decomposition processing of the great portion of exhaust gas discharged, and the burden of the damage elimination facility arranged at a consecutive process can be made to mitigate by arranging the gas decomposition processor based on this invention in the middle of an evacuation system in an etching system etc.

[0032]

[Example]

(Example 1) The result of the experiment conducted using the plasma etching system of drawing 1 is shown below. Drawing 2 uses C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> / CO gas as process gas, and is 30 mTorr about the degree of vacuum in the vacuum tub 101. Maintaining, various amount of supply of process gas and openings of a bulb 103 are changed, and the etch rate obtained when the oxide film currently formed on the substrate 104 was etched is shown.

[0033] C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> supplied into the vacuum tub 101 the flow rate of gas -- 10 SCCM the flow rate of CO gas -- 200 SCCM it is -- the time -- a bulb 103 -- a close by-pass bulb completely -- having carried out -- a condition -- the degree of vacuum in the vacuum tub 101 -- 30 mTorr it is -- the pressure of exhaust side 105a of a turbo molecular pump -- 0.2 Torr it was . moreover, C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> the flow rate of gas -- 5 SCCM the flow rate of CO gas -- 100SCCM(s) it is -- the time -- a bulb -- a quadrant revolution \*\*\*\*\* condition -- the pressure of exhaust side 105a of a turbo molecular pump -- 0.5 Torr becoming -- the degree of vacuum in the vacuum tub 101 -- 30 mTorr It was maintained. On this condition, since the degree of vacuum in the vacuum tub 101 is lower than the pressure of exhaust side 105a of a turbo molecular pump, a part of process gas exhausted from the inside of the vacuum tub 101 passes along the recirculation line 107, and it once returns into the vacuum tub 101 again. furthermore, C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> the flow rate of gas -- 2 SCCM the flow rate of CO gas -- 40 SCCM it is -- the time -- the thing of a bulb for which an opening is set to 1/2 -- the pressure of exhaust side 105a of a turbo molecular pump -- 0.8 Torr becoming -- the degree of empty in the vacuum tub 101 -- 30 mTorr It was maintained. Under the above-mentioned monograph affair, although the etch rate of an oxide film decreased the supply flow rate of process gas, it was able to be maintained at the almost comparable value. Consequently, the consumption of process gas could be decreased and effectiveness was in the cutback of a production cost.

(Example 2) The experimental result performed using the thin film deposition equipment of drawing 3 is shown below. Drawing 4 is TEOS/O<sub>2</sub> as process gas. Using gas and maintaining the degree of vacuum in the vacuum tub 101 to 5 mTorr, various supply flow rates of process gas and openings of a bulb 103 are changed, and the rate of sedimentation obtained when an oxide film was deposited on a substrate 104 is shown.

[0034] the flow rate of the process gas supplied -- respectively -- 50 / 100 SCCM it is -- the time -- a bulb -- a close by-pass bulb completely -- having carried out -- a condition -- the degree of vacuum in the vacuum tub 101 -- the pressure of 5 mTorr and exhaust side 105a of a turbo molecular pump -- 50 mTorr it was . moreover, the supply flow rate of process gas -- respectively -- 30 / 60 SCCM it is -- the time -- a bulb -- a quadrant revolution open beam condition -- the pressure of exhaust side 105a of a turbo molecular pump -- 80 mTorr becoming -- the degree of vacuum in the vacuum tub 101 -- 5 mTorr It was maintained. On this condition, since the degree of vacuum in the vacuum tub 101 is lower than the pressure of exhaust side 105a of a turbo molecular pump, a part of process gas exhausted out of the vacuum tub 101 passes along a bulb 108, and it once returns into the vacuum tub 101 again. furthermore, the supply flow rate of process gas -- respectively -- 10 / 20 SCCM it is -- the time -- the thing of a bulb 108 for which an opening is considered as 1/2 revolution -- the pressure of exhaust-port 105a of a turbo molecular pump -- 100 mTorr becoming -- the degree of vacuum in the vacuum tub 101

-- 5 mTorr It was maintained. Under the above-mentioned conditions, the rate of sedimentation of an oxide film was not able to be based on the supply flow rate of process gas, but was able to be maintained at the almost comparable value. Therefore, the consumption of process gas could be decreased and effectiveness was in the cutback of a production cost.

(Example 3) The experimental result performed using the thin film deposition equipment of drawing 5 is shown below. Drawing 6 is SiH<sub>4</sub> / O<sub>2</sub> as process gas. Using gas and maintaining the degree of vacuum in the vacuum tub 101 to 2 Torr, various supply flow rates of process gas and openings of a bulb 108 are changed, and the rate of sedimentation obtained when an oxide film was deposited on a substrate 104 is shown.

[0035] the flow rate of the process gas supplied -- respectively -- 20 / 50 SCCM it is -- the time -- bulb 108 close by-pass bulb completely -- having carried out -- a condition -- the degree of vacuum in the vacuum tub 101 -- 2 Torr it is -- the pressure of exhaust side 303a of a booster pump -- 10 Torr it was . moreover, the supply flow rate of process gas -- respectively -- 12 / 30 SCCM it is -- the time -- a bulb 108 -- a quadrant revolution open beam case -- the pressure of exhaust side 303a of a booster pump -- 15 Torr becoming -- the degree of vacuum in the vacuum tub 101 -- 2 Torr It was maintained. On this condition, since the degree of vacuum in the vacuum tub 101 is lower than the pressure of exhaust side 303a of a booster pump, a part of exhausted process gas passes along a bulb 108, and it once returns in the vacuum tub 101 again. furthermore, the supply flow rate of process gas -- respectively -- 4 / 10 SCCM it is -- the time -- the thing of a bulb for which an opening is set to 1/2 -- the pressure P of exhaust side 303a of a booster pump -- 20 Torr becoming -- the degree of vacuum in the vacuum tub 101 -- 2 Torr It was maintained. Under the above-mentioned conditions, the rate of sedimentation of an oxide film was not able to be based on the supply flow rate of process gas, but was able to be maintained at the almost comparable value. Therefore, the consumption of process gas could be decreased and it was effective in making a production cost reduce.

[0036]

[Effect of the Invention] Since the utilization effectiveness of process gas can be raised by carrying out the recirculation of a part of process gas discharged out of a vacuum tub into a vacuum tub according to the semiconductor fabrication machines and equipment based on this invention, the consumption of process gas is decreased and effectiveness is in the cutback of a production cost.

[0037] Moreover, since decomposition processing of the most part of the process gas discharged from semiconductor fabrication machines and equipment etc. can be carried out comparatively easily using the plasma etc. with the reduced pressure condition immediately after exhausting from a vacuum tub according to the gas decomposition processor based on this invention, the burden of the damage elimination equipment arranged at a consecutive process can be made to be able to mitigate, and the installed cost and running cost of overall equipment can be reduced.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] Semiconductor fabrication machines and equipment which were equipped with the bulb in the middle of the vacuum tub, an exhaust air means to exhaust and decompress the interior of a vacuum tub, and a process gas supply means to supply process gas to the interior of a vacuum tub, and were equipped with the recirculation line which carries out the recirculation of a part of gas exhausted by said exhaust air means inside said vacuum tub from the exhaust side of said exhaust air means.

[Claim 2] A vacuum tub, the first exhaust air means which exhausts and decompresses the interior of a vacuum tub, and the second exhaust air means which exhausts the exhaust side of the first exhauster further and decompresses it, Semiconductor fabrication machines and equipment which were equipped with the bulb in the middle of a process gas supply means to supply process gas to the interior of a vacuum tub, and were equipped with the recirculation line which carries out the recirculation of a part of gas exhausted by said first exhaust air means inside said vacuum tub from the exhaust side of said first exhaust air means.

[Claim 3] Said vacuum tub is claim 1 characterized by equipping the interior with the generating means of the plasma, or semiconductor fabrication machines and equipment given in 2.

[Claim 4] Semiconductor fabrication machines and equipment according to claim 3 characterized by having the filter from which the resultant generated inside said vacuum tub is removed in the middle of said recirculation line.

---

[Translation done.]

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09251981 A**

(43) Date of publication of application: 22.09.97

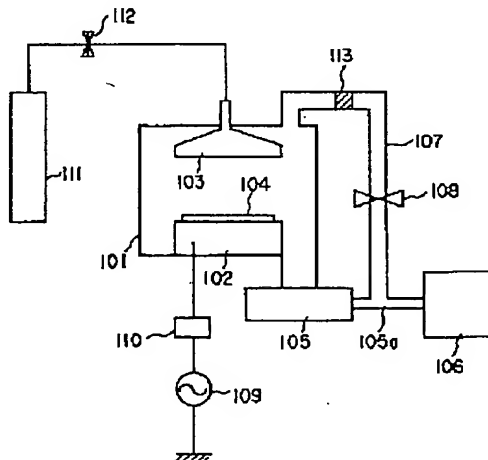
(51) Int. Cl.

**H01L 21/3065****B01J 3/02****C23C 16/50****C23F 4/00****H01L 21/203****H01L 21/205**(21) Application number: **08057970**(22) Date of filing: **14.03.96**(71) Applicant: **TOSHIBA CORP**(72) Inventor: **KURIHARA KAZUAKI  
SEKINE MAKOTO  
OKUMURA KATSUYA****(54) SEMICONDUCTOR MANUFACTURING  
EQUIPMENT****(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To enhance usage efficiency of process gas under a decompressed atmosphere of an etching device, etc., and reduce production cost by a method wherein the process gas is supplied to the interior of a vacuum bath for discharging the inside and decompressing and a part of exhaust gas is recirculated from the exhaust side to the interior of the vacuum bath.

**SOLUTION:** A nozzle incorporated into an anode electrode 103 in a vacuum bath 101 is connected to a gas bomb 111 being a supply source of process gas, and the exhaust side 105a of a turbo-molecule pump connecting with the vacuum bath 101 is connected with a dry pump 106. Further, in the intermediate side of a recirculation line 107 provided between the exhaust side 105a of the turbo-molecule pump and the vacuum bath 101, a valve 108 and a filter 113 are disposed. A part of the process gas discharged by a turbo-molecule pump 105 from inside of the vacuum bath 101 is returned to the vacuum bath 101 through the recirculation line 107. A ratio of this process gas recirculated is adjusted by the degree of opening of the valve 108.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO



12本のみ

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-251981

(43) 公開日 平成9年(1997)9月22日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/3065			H 0 1 L 21/302	B
B 0 1 J 3/02			B 0 1 J 3/02	M
C 2 3 C 16/50			C 2 3 C 16/50	
C 2 3 F 4/00			C 2 3 F 4/00	A
H 0 1 L 21/203			H 0 1 L 21/203	Z

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平8-57970

(22) 出願日 平成8年(1996)3月14日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 栗原 一彰

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 関根 誠

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 奥村 勝弥

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

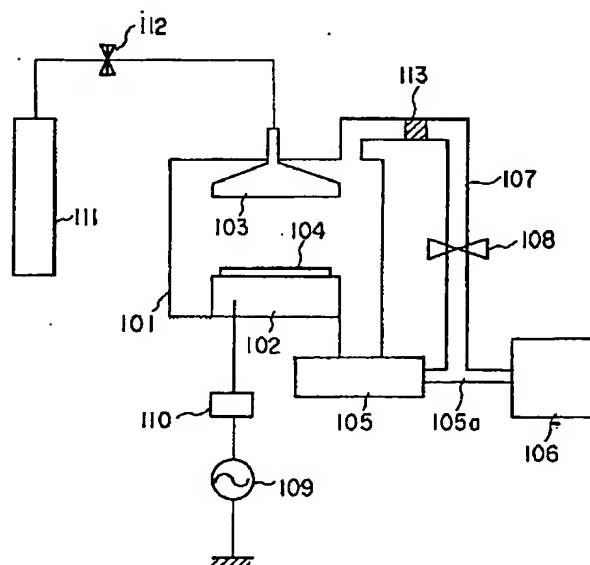
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54) 【発明の名称】 半導体製造装置

(57) 【要約】

【課題】 半導体製造装置においてプロセスガスの利用効率の向上を図る。

【解決手段】 本発明の半導体製造装置は、真空槽101と、真空槽101の内部を排気して減圧するターボ分子ポンプ105と、ターボ分子ポンプの排気側105aを更に排気して減圧するドライポンプ106と、真空槽101の内部にプロセスガスを供給するガスボンベ111と、ターボ分子ポンプ105によって排気されたガスの一部を、ターボ分子ポンプの排気側105aから真空槽101の内部へ再循環させる再循環ライン107と、を備える。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】 真空槽と、

真空槽の内部を排気して減圧する排気手段と、  
真空槽の内部にプロセスガスを供給するプロセスガス供給手段と、

途中にバルブを備え、前記排気手段によって排気されたガスの一部を、前記排気手段の排気側から前記真空槽の内部へ再循環させる再循環ラインと、

を備えた半導体製造装置。

## 【請求項2】 真空槽と、

真空槽の内部を排気して減圧する第一の排気手段と、  
第一の排気装置の排気側を更に排気して減圧する第二の排気手段と、

真空槽の内部にプロセスガスを供給するプロセスガス供給手段と、

途中にバルブを備え、前記第一の排気手段によって排気されたガスの一部を、前記第一の排気手段の排気側から前記真空槽の内部へ再循環させる再循環ラインと、  
を備えた半導体製造装置。

【請求項3】 前記真空槽は、内部にプラズマの発生手段を備えていることを特徴とする請求項1あるいは2に記載の半導体製造装置。

【請求項4】 前記再循環ラインの途中に、前記真空槽の内部で生成された反応生成物を除去するフィルタを備えていることを特徴とする請求項3に記載の半導体製造装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体製造装置に係り、特に、エッチング装置や薄膜堆積装置などの様な、真空槽内にプロセスガスを導入して基板を処理する半導体製造装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】エッチング装置や薄膜堆積装置では、プロセスガスを真空槽内に導入してプラズマ等により分解し、それにより生成される活性種を用いて基板の処理を行っている。この真空槽は、内部が一定の真空度に維持される様に排気装置を用いて減圧排気されているので、真空槽内に導入されたプロセスガスの内、実際に活性種となって基板との反応に使用されるガスの割合は1%にも満たず、大半は反応に使用されずに排気装置によって外部へ排出されていた。このため、プロセスガスの利用効率が著しく悪く、生産コストを増加させる一因となっていた。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記実情を考慮してなされたもので、エッチング装置や薄膜堆積装置など減圧雰囲気下で基板の処理を行う半導体製造装置において、プロセスガスの利用効率を高めて生産コストを低減を図ることを目的とする。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明の半導体製造装置は、真空槽と、真空槽の内部を排気して減圧する排気手段と、真空槽の内部にプロセスガスを供給するプロセスガス供給手段と、途中のバルブを備え、前記排気手段によって排気されたガスの一部を、前記排気手段の排気側から前記真空槽の内部へ再循環させる再循環ラインと、を備える。

【0005】また、高真空度が要求される半導体製造装置においては、複数の排気手段を配置して、これらを直列に接続して真空槽内を減圧排気するが、この様な場合には、真空槽に直接、接続された第一の排気手段によって排気されたガスの一部を、その後段に接続された第二の排気装置の手前側から、前記真空槽の内部へ再循環させる様に再循環ラインを設ける。

【0006】また、プラズマエッチング装置の様に、排気されたガスの中に前記活性種と被処理基板との反応に起因する反応生成物が含まれる場合には、前記再循環ラインの途中にフィルタを配置して、再循環されるガスからそれらの反応生成物などを除去する。

【0007】本発明では、真空槽（あるいは処理室）と排気装置の排気側との間に再循環ラインを設けて、一旦、真空槽から排気されたプロセスガスを、再び、真空槽に再循環させることにより、プロセスガスの利用効率を高めることが可能になり、プロセスガスの使用原単位を削減することができる。本発明は、特にプラズマを用いたエッチング装置あるいは薄膜堆積装置などにおいて、生産コストを低減する効果がある。

【0008】また、本発明の構成は、プラズマを用いて排ガスの処理を行う場合にも適用できる、その場合の半導体製造装置の排ガスを処理する部分の構成は、プラズマの発生手段を備えた処理室と、処理室内を排気した減圧するための排気手段と、処理室内に被処理ガスを導入する被処理ガス供給手段と、途中にバルブを備え、前記排気手段によって前記処理室の内部から排気されたガスの一部を、前記排気手段の排気側から前記処理室の内部へ再循環させる再循環ラインと、を備える。

## 【0009】

【発明の実施の形態】以下、本発明に基く半導体製造装置の実施の形態を、図面を用いて説明する。

（例1）図1は、本発明に基く半導体製造装置の一例を示すプラズマエッチング装置の概略構成図である。

【0010】このプラズマエッチング装置は、真空槽101内に、互いに対向するカソード電極102及びアノード電極103から構成される平行平板型のプラズマ発生装置を備え、アノード電極103にはプロセスガスを供給するノズルが組み込まれ、カソード電極102上に基板104がセットされる。アノード電極103に組み込まれたノズルには、流量制御装置112を介してプロセスガスの供給源であるガスボンベ111が接続さ

れ、カソード電極には、マッチング回路110を介して高周波電源109が接続されている。

【0011】真空槽101にはターボ分子ポンプ105が接続され、ターボ分子ポンプの排気側105aにはドライポンプ106が接続されている。更に、この装置では、ターボ分子ポンプの排気側105aと真空槽101との間に再循環ライン107が設けられており、再循環ライン107の途中にはバルブ108及びフィルタ113が配置されている。

【0012】真空槽101の内部からターボ分子ポンプ105によって排出されたプロセスガスの一部は、再循環ライン107を通して真空槽101へ戻される。この再循環されるプロセスガスの割合は、バルブ108の開度により調整される。従って、真空槽101内の真空度は、プロセスガスの供給流量及びバルブ108の開度により調整される。また、真空槽101の内部でプロセスガスと被処理基板104との反応によって発生した吸着性の高いエッチング生成物やダスト等は、バイパスライン107の途中に配置されたフィルタ113によって除去される。

(例2) 図3は、本発明に基づく半導体製造装置の一例を示す薄膜堆積装置の概略構成図である。

【0013】この薄膜堆積装置は、真空槽101内に配置されたカソード電極102、及び真空槽101の外周部に沿って配置された誘導結合型アンテナ201から構成される誘導結合型のプラズマ発生装置を備え、基板104がセットされるカソード電極102には、マッチング回路110を介して高周波電源109が接続され、誘導結合型アンテナ201には、マッチング回路202を介して高周波電源203が接続されている。

【0014】この薄膜堆積装置では、図1に示した例と同様に、真空槽101にはターボ分子ポンプ105が接続され、ターボ分子ポンプの排気側105aにはドライポンプ106が接続されている。更に、この装置では、ターボ分子ポンプの排気側105aと真空槽101との間に再循環ライン107が設けられており、再循環ライン107の途中にはバルブ108が設置されている。また、真空槽101には、流量制御装置112を介してプロセスガスの供給源であるガスボンベ111が接続されている。

【0015】真空槽101の内部からターボ分子ポンプ105によって排気されたプロセスガスの一部が、再循環ライン107を通して真空槽101へ戻されること、及び、真空槽101内の真空度が、プロセスガスの供給量及びバルブ108の開度によって調整されることは、図1に示した例と同様である。

(例3) 図5は、本発明に基づく半導体製造装置の一例を示す薄膜堆積装置の概略構成図である。

【0016】この薄膜堆積装置は、真空槽101内に、互いに対向するアノード電極301及びカソード電極3

02から構成される平行平板型のプラズマ生成装置を備え、基板104はアノード301の上にセットされ、カソード電極302には、マッチング回路110を介して高周波電源109が接続されている。また、カソード電極302には、プロセスガスを供給するノズルが組み込まれている。これらのノズルには、流量制御装置112を介してプロセスガスの供給源であるガスボンベ111が接続されている。

【0017】この薄膜堆積装置では、真空槽101にはブースタポンプ303が接続され、ブースタポンプ303の排気側303aにはドライポンプ106が接続されている。更に、ブースタポンプの排気側303aと真空槽101との間に再循環ライン107が設けられており、再循環ライン107の途中にはバルブ108が設置されている。

【0018】真空槽101の内部からブースタポンプ303によって排気されたプロセスガスの一部が、再循環ライン107を通して真空槽101へ戻されること、及び、真空槽101内の真空度が、プロセスガスの供給流量及びバルブ108の開度により調整されることは、図1あるいは図2に示した例と同様である。

(例4) 図7は、本発明に基づく半導体製造装置の一例を示すプラズマエッチング装置の概略構成図である。

【0019】このプラズマエッチング装置は、真空槽101内に、互いに対向するカソード電極102及びアノード電極103から構成される平行平板型のプラズマ発生装置を備え、カソード電極102には基板104がセットされ、アノード電極103にはプロセスガスを供給するノズルが組み込まれている。真空槽101にはターボ分子ポンプ105が接続され、ターボ分子ポンプの排気側105aは、ドライポンプ106の吸入側に接続されている。

【0020】更に、この装置では、ターボ分子ポンプの排気側105aとドライポンプ106の吸入側の間にバルブ116が設けられ、再循環ライン107は、このバルブ116の上流側と真空槽101との間に設けられている。また、再循環ライン107の途中にはバルブ108及びフィルタ113が設置されている。この他、カソード電極102にはマッチング回路110を介して高周波電源109が接続され、アノード電極103に組み込まれたノズルには流量制御装置112を介してプロセスガスの供給源であるガスボンベ111が接続されている。

【0021】真空槽101の内部からターボ分子ポンプ105によって排気されたプロセスガスの一部が、再循環ライン107を通して真空槽101へ戻されることは、上記の各例と同様であるが、この装置では、上記の各例とは異なり、真空槽101内の真空度は、プロセスガスの供給量、バルブ108及びバルブ116の開度により調整される。

【0022】以下に、この装置を用いたエッチングの工程について説明する。まず、ターボ分子ポンプ105とドライポンプ106とを用いて真空槽101内を排気する。次に、プロセスガスを真空槽101内へ供給して、真空槽101内を所定の真空度に設定する。平行平板型のプラズマ発生装置を用いてプラズマを発生させると同時に、プロセスガスの供給流量を、基板との反応によって消費される量に相当する分だけに調整して、ドライポンプ106の吸入側のバルブ116を閉める。この時、ターボ分子ポンプ105によって排出されたプロセスガスは、再循環ライン107を通して、再び、真空槽101内に流入する。なお、吸着性の高いエッチング生成物は、再循環ライン107の途中に配置されたフィルタ116によって取り除かれ、真空槽101内には流入しない。よって、エッチングのプロセス中にドライポンプ106を運転する必要がなくなり、更に、プロセスガスの消費量も最小限に抑制できる。

【0023】更に、このフィルタ116として触媒作用のある物質、例えば、Pt（プラチナ）、Ni（ニッケル）、Au（金）などを用いることにより、エッチング生成物を再分解して、プロセスガスと基板材料とに変換することができる。この内、プロセスガスは真空槽内に再び流入するが、基板材料は当該フィルタ116により吸着されて、真空槽内に流入することはない。これにより、プロセスガスの消費量を大幅に減少させることが可能になる。

（例5）図8は本発明の半導体製造装置の一例を示すダウンフローエッチング装置の概略構成図である。

【0024】この装置は、放電室806と基板処理室808とを備え、両室は石英管807を介して接続されている。放電室806は、マイクロ波を発生させるキャビティ805の中に収容され、キャビティ805にはマイクロ波電源804が接続されている。また、放電室806には、流量制御装置112を介してプロセスガスの供給源であるガスボンベ111が接続されている。基板処理室808内には、基板104がセットされる試料台802、及び石英管807を介して放電室806から送られる活性化されたプロセスガスを基板104の表面に供給するシャワーヘッド803が配置されている。

【0025】基板処理室808には、5台のドライポンプ801a～801eを直列に接続することによって構成されたルーツポンプ801が接続され、この内の3番目のルーツポンプ801cの排気側と放電室806の入側806aとが再循環ライン107によって接続されている。再循環ライン107の途中にはバルブ108及びフィルタ113が配置されている。

【0026】ガスボンベ111から流量制御装置112を介して放電室806に供給されたプロセスガスは、その外部に配置されたキャビティ805で発生するマイクロ波によって分解され、活性種が生成される。この活性

種の内、荷電粒子は石英管807壁などとの衝突によって消滅するが、ラジカルなどの中性粒子は、石英管807及びシャワーヘッド803を通して、そのまま基板処理室808内へ導入され、基板104と反応して基板104をエッチングする。放電室806で活性種に分解されなかったプロセスガスは、そのまま基板処理室808へ流入して、ルーツポンプ801により排気されるが、その一部は、ルーツポンプ801の中段から、再循環ライン107を通して、再び、放電室へ戻る。この結果、プロセスガスの利用効率を高めることができ、生産コストを削減する効果がある。

（例6）図9は本発明に基づくガス分解処理装置の一例を示す概略構成図である。

【0027】この装置は、例4で示したプラズマエッチング装置において、ターボ分子ポンプ105の下流側に配置されたバルブ108とドライポンプ106との間に、更に、プラズマを利用したガス分解処理装置を組み込んだものである。

【0028】このガス分解処理装置は、放電室901と、放電室901内を排気して減圧するターボ分子ポンプ103と、放電室901から排出されたガスの一部を放電室901の上流側に戻す再循環ライン902とから構成されている。放電室901の内部にはカソード電極902が配置され、カソード電極902はマッチング回路910を介して高周波電源909に接続されている。更に、放電室901には、排ガスを解離し、処理が比較的容易な排ガスに再合成するために必要なガスを供給するガスボンベ911が、バルブ912を介して接続されている。

【0029】この放電室901では、放電室901から排出された排ガスの一部が、再循環ライン907を通して、再び、放電室901に再循環されることで、放電室901内で分解される排ガスの割合が増加する。放電室901内では、1～500 mTorr の真空度においてプラズマを生成する。例えば、フルオロカーボン系のプロセスガスを用いてシリコンや酸化膜をエッチングする際に排出される四弗化炭素は、この放電室にて解離され、これに水蒸気あるいは水素を添加する事によって弗酸に変換される。

【0030】排出ガスを再循環させないときには、弗酸への変換効率は10%程度であるが、再循環率を増やす事によって90%程度の変換効率を得ることができる。この様にして、生成された弗酸は、ドライポンプ106から排気された後に、湿式除害装置などの簡易な処理装置により処理することができる。従来は、ドライポンプ106の排気側に、多孔質フィルタによる物理吸着式の除害装置を接続することによって排ガスを処理していたので、かなりの処理費用を要していた。

【0031】本発明に基づくガス分解処理装置を、エッチング装置などにおいて真空排気系統の途中に配置するこ

とによって、排出される排ガスの大半を、分解処理することが可能になり、後続の工程に配置される除害設備などの負担を軽減させることができる。

#### 【0032】

##### 【実施例】

(実施例1) 図1のプラズマエッチング装置を用いて行った実験の結果を以下に示す。図2は、プロセスガスとしてC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/COガスを使用して、真空槽101内の真空度を30 mTorr に維持しながら、プロセスガスの供給量及びバルブ103の開度を種々、変化させて、基板104上に形成されている酸化膜のエッチングを行った時に得られたエッチング速度を示す。

【0033】真空槽101内へ供給するC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>ガスの流量が10 SCCM で、COガスの流量が200 SCCM の時、バルブ103を全閉にした状態で、真空槽101内の真空度は30 mTorr で、ターボ分子ポンプの排気側105aの圧力は0.2 Torr であった。また、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>ガスの流量が5 SCCM で、COガスの流量が100 SCCM の時、バルブを4分の1回転開いた状態で、ターボ分子ポンプの排気側105aの圧力は0.5 Torr となり、真空槽101内の真空度は30 mTorr に維持された。この条件で、真空槽101内の真空度がターボ分子ポンプの排気側105aの圧力よりも低いので、一旦、真空槽101内より排気されたプロセスガスの一部は、再循環ライン107を通して、再び真空槽101内へ戻る。更に、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>ガスの流量が2 SCCM で、COガスの流量が40 SCCM の時、バルブの開度を2分の1にする事により、ターボ分子ポンプの排気側105aの圧力は0.8 Torr となり、真空槽101内真空度は30 mTorr に維持された。上記の各条件の下、酸化膜のエッチング速度は、プロセスガスの供給量を減少させたにもかかわらず、ほぼ同程度の値に保つことができた。この結果、プロセスガスの消費量を減少させることができ、生産コストの削減に効果があった。

(実施例2) 図3の薄膜堆積装置を用いて行った実験結果を以下に示す。図4は、プロセスガスとしてTEOS/O<sub>2</sub>ガスを使用して、真空槽101内の真空度を5 mTorrに維持しながら、プロセスガスの供給流量及びバルブ103の開度を種々、変化させて、基板104上に酸化膜の堆積を行った時に得られた堆積速度を示す。

【0034】供給されるプロセスガスの流量がそれぞれ50/100 SCCM の時、バルブを全閉にした状態で、真空槽101内の真空度は5 mTorr、ターボ分子ポンプの排気側105aの圧力は50 mTorr であった。また、プロセスガスの供給流量がそれぞれ30/60 SCCM の時、バルブを4分の1回転開けた状態で、ターボ分子ポンプの排気側105aの圧力は80 mTorr となり、真空槽101内の真空度は5 mTorr に維持された。この条件で、真空槽101内の真空度がターボ分子ポンプの排気側105aの圧力より低いので、一旦、真

空槽101内から排気されたプロセスガスの一部は、バルブ108を通して、再び、真空槽101内へ戻る。更に、プロセスガスの供給流量がそれぞれ10/20 SCCM の時、バルブ108の開度を2分の1回転とする事により、ターボ分子ポンプの排気側105aの圧力は100 mTorr となり、真空槽101内の真空度は5 mTorr に維持された。上記条件の下、酸化膜の堆積速度はプロセスガスの供給流量によらず、ほぼ同程度の値に保つことができた。従って、プロセスガスの消費量を減少させることができ、生産コストの削減に効果があった。

(実施例3) 図5の薄膜堆積装置を用いて行った実験結果を以下に示す。図6は、プロセスガスとしてSiH<sub>4</sub>/O<sub>2</sub>ガスを使用して、真空槽101内の真空度を2 Torrに維持しながら、プロセスガスの供給流量及びバルブ108の開度を種々、変化させて、基板104上に酸化膜の堆積を行った時に得られた堆積速度を示す。

【0035】供給されるプロセスガスの流量がそれぞれ20/50 SCCM の時、バルブ108全閉にした状態で、真空槽101内の真空度は2 Torr で、ブースタポンプの排気側303aの圧力は10 Torr であった。また、プロセスガスの供給流量がそれぞれ12/30 SCCM の時、バルブ108を4分の1回転開けた場合に、ブースタポンプの排気側303aの圧力は15 Torr となり、真空槽101内の真空度は2 Torr に維持された。この条件で、真空槽101内の真空度がブースタポンプの排気側303aの圧力よりも低いので、一旦、排気されたプロセスガスの一部は、バルブ108を通して、再び、真空槽101内に戻る。更に、プロセスガスの供給流量がそれぞれ4/10 SCCM の時、バルブの開度を2分の1とすることにより、ブースタポンプの排気側303aの圧力Pは20 Torr となり、真空槽101内の真空度は2 Torr に維持された。上記条件の下、酸化膜の堆積速度はプロセスガスの供給流量によらず、ほぼ同程度の値に保つことができた。従って、プロセスガスの消費量を減少させることができ、生産コストを削減させる効果があった。

#### 【0036】

【発明の効果】本発明に基く半導体製造装置によれば、真空槽内から排出されるプロセスガスの一部を、真空槽内へ再循環させることによって、プロセスガスの利用効率を高める事ができるので、プロセスガスの消費量を減少させて、生産コストの削減に効果がある。

【0037】また、本発明に基くガス分解処理装置によれば、半導体製造装置などから排出されるプロセスガスのかなりの部分を、真空槽から排気された直後の減圧状態のまま、プラズマ等を用いて比較的、容易に分解処理することができるので、後続の工程に配置される除害装置などの負担を軽減させることができ、全体的な装置の建設コスト及びランニングコストを削減することができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に基づくプラズマエッチング装置の一例を示す概略構成図。

【図 2】図 1 に示すプラズマエッチング装置において、プロセスガスの供給流量とエッチング速度との関係を示す図。

【図 3】本発明に基づく薄膜堆積装置の一例を示す概略構成図。

【図 4】図 3 に示す薄膜堆積装置において、プロセスガスの供給流量と薄膜の滞積速度との関係を示す図。

【図 5】本発明に基づく薄膜堆積装置の一例を示す概略構成図。

【図 6】図 5 に示す薄膜堆積装置において、プロセスガスの供給流量と薄膜の滞積速度との関係を示す図。

【図 7】本発明に基づくプラズマエッチング装置の一例を示す概略構成図。

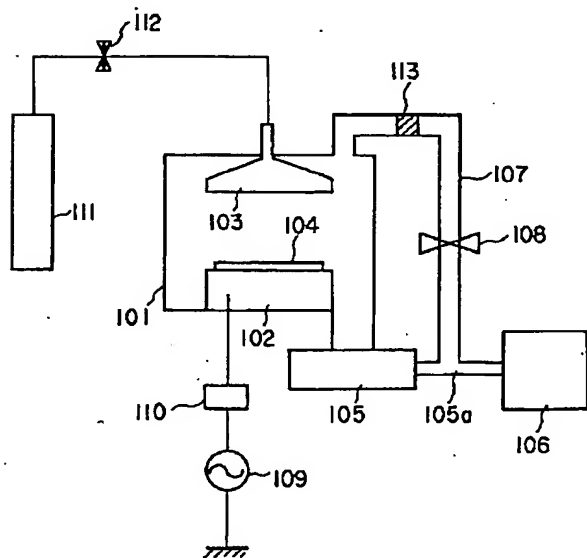
【図 8】本発明に基づくダウンフローエッチング装置の一例を示す概略構成図。

【図 9】本発明に基づくガス分解処理装置の一例を示す概略構成図。

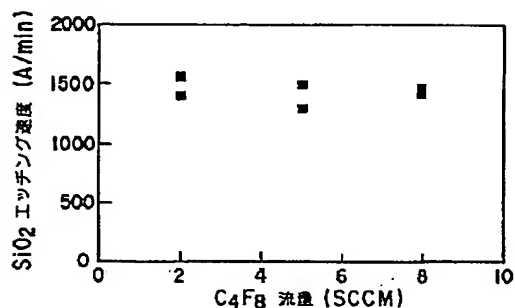
## 【符号の説明】

101・・・真空槽、102・・・カソード電極、103・・・アノード電極、104・・・基板、105・・・ターボ分子ポンプ、106・・・ドライポンプ、107・・・再循環ライン、108・・・バルブ、109・・・高周波電源、110・・・マッチング回路、111・・・ガスポンプ、112・・・流量制御装置、113・・・フィルタ、116・・・バルブ、201・・・誘導結合型アンテナ、202・・・マッチング回路、203・・・高周波電源、301・・・アノード電極、302・・・カソード電極、303・・・ブースタポンプ、801・・・ルーツポンプ、802・・・試料台、803・・・シャワーヘッド、804・・・マイクロ波電源、805・・・キャビティ、806・・・放電室、807・・・石英管、808・・・試料処理室、901・・・放電室、902・・・カソード電極、905・・・ターボ分子ポンプ、907・・・再循環ライン、908・・・バルブ、909・・・高周波電源、910・・・マッチング回路、911・・・ガスポンプ、912・・・バルブ。

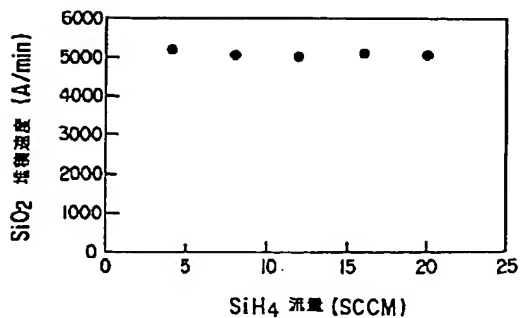
【図 1】



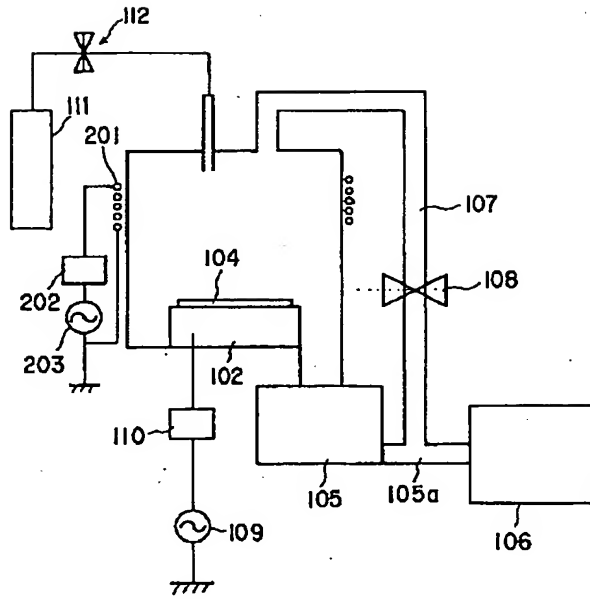
【図 2】



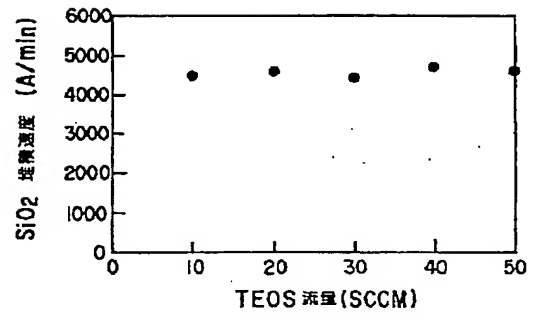
【図 6】



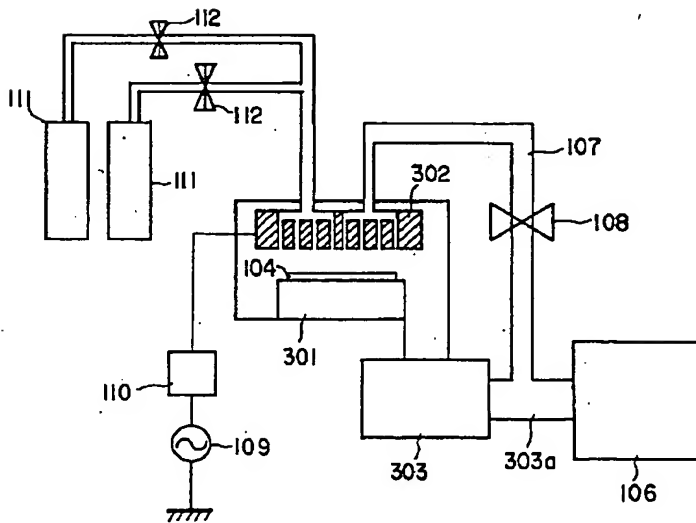
【図3】



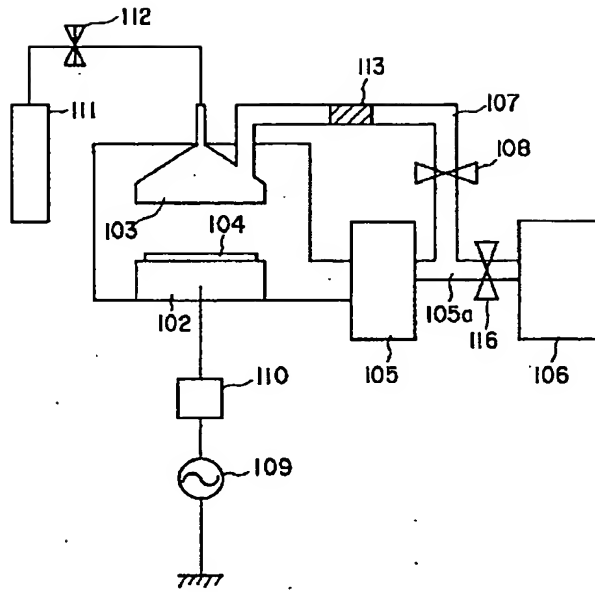
【図4】



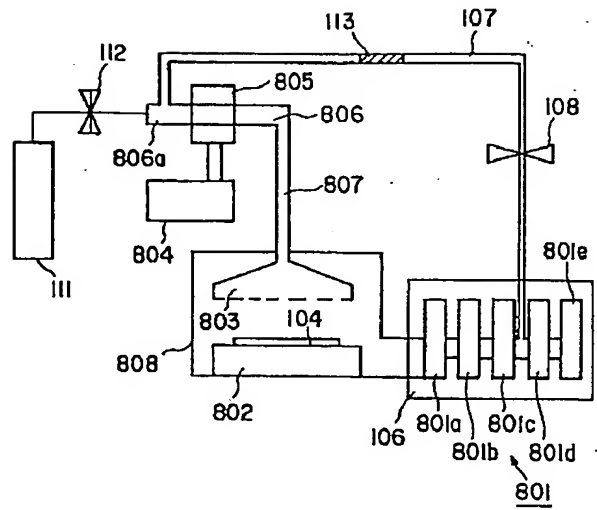
【図5】



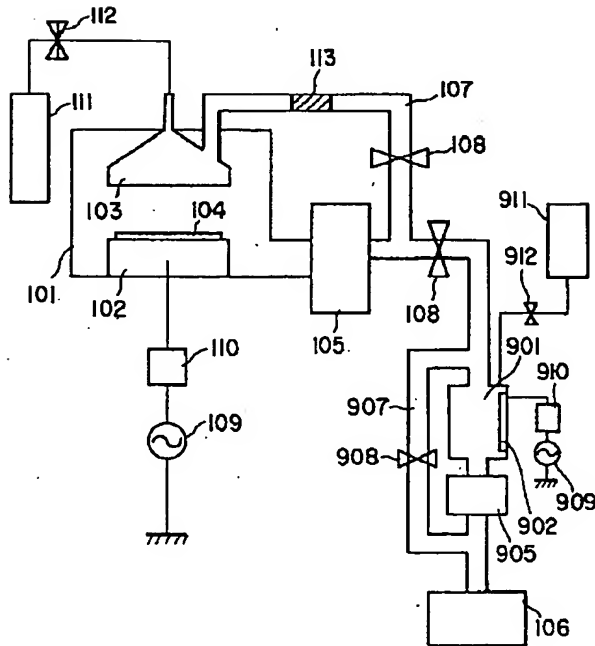
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

H 0 1 L 21/205

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 L 21/205

技術表示箇所

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**